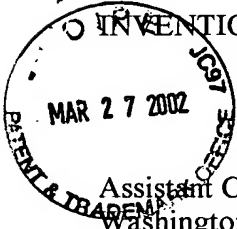


IN THE UNITED STATES PATENT AND TRADEMARK OFFICE

2871
#3

APPLICANT: Toshihiro Fukuda ATTY. DOCKET NO. 09792909-5262
SERIAL NO. 10/045,225 GROUP ART UNIT: 2871
DATE FILED: November 9, 2001 EXAMINER:

INVENTION: "LIQUID CRYSTAL DISPLAY ELEMENT AND PROJECTION TYPE
LIQUID CRYSTAL DISPLAY DEVICE"



SUBMISSION OF CERTIFIED COPY OF PRIORITY DOCUMENT


Assistant Commissioner of Patents
Washington, D.C. 20231

S I R:

Applicants herewith submit the certified copy(ies) of Japanese Application(s) No(s). P2000-343634 filed November 10, 2000, and claims priority to the November 10, 2000, date.

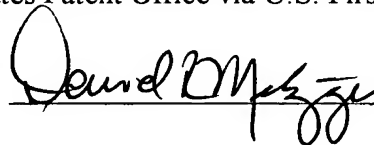
The Commissioner is authorized to charge any fees which may be due or credit any overpayments to Deposit Account No. 19-3140. A duplicate copy of this sheet is enclosed for that purpose.

Respectfully submitted,

 (Reg. No. 32,919)
David R. Metzger
SONNENSCHN NATH & ROSENTHAL
P.O. Box #061080
Wacker Drive Station - Sears Tower
Chicago, Illinois 60606-1080
Telephone 312/876-8000
Customer #26263
Attorneys for Applicants

CERTIFICATE OF MAILING

I hereby certify that a true copy of the foregoing Submission of Certified Copies of Priority Documents was forwarded to the United States Patent Office via U.S. First Class mail on March 19, 2002.



RECEIVED
APR - 1 2002
TECHNOLOGY CENTER 2800

日本国特許庁
JAPAN PATENT OFFICE

別紙添付の書類に記載されている事項は下記の出願書類に記載されている事項と同一であることを証明する。

This is to certify that the annexed is a true copy of the following application as filed with this Office

出願年月日

Date of Application:

2000年11月10日

出願番号

Application Number:

特願2000-343634

出願人

Applicant(s):

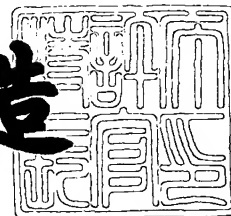
ソニー株式会社

RECEIVED
APR - 1 2002
TECHNOLOGY CENTER 2800

2001年10月26日

特許庁長官
Commissioner,
Japan Patent Office

及川耕造



出証番号 出証特2001-3094901

【書類名】 特許願

【整理番号】 0000767402

【提出日】 平成12年11月10日

【あて先】 特許庁長官殿

【国際特許分類】 G02F 01/13
G03B 21/00

【発明者】

【住所又は居所】 東京都品川区北品川6丁目7番35号 ソニー株式会社
内

【氏名】 福田 俊広

【特許出願人】

【識別番号】 000002185

【氏名又は名称】 ソニー株式会社

【代表者】 出井 伸之

【代理人】

【識別番号】 100098785

【弁理士】

【氏名又は名称】 藤島 洋一郎

【手数料の表示】

【予納台帳番号】 019482

【納付金額】 21,000円

【提出物件の目録】

【物件名】 明細書 1

【物件名】 図面 1

【物件名】 要約書 1

【包括委任状番号】 9708092

【ブルーフの要否】 要

【書類名】 明細書

【発明の名称】 液晶表示素子および投射型液晶表示装置

【特許請求の範囲】

【請求項 1】 液晶層と、

光が通過可能な複数の画素開口を有する画素電極部と、

前記液晶層に対して光の入射側または光の出射側の少なくとも一方の側に、前記複数の画素開口に対応して複数のマイクロレンズが 2 次元的に配列形成された少なくとも一つのマイクロレンズアレイと

を備え、

前記各マイクロレンズは、

光軸方向において少なくとも一つのレンズ面を有し、入射した光を前記画素開口側に集光させるように機能する集光用レンズと、

光軸方向において少なくとも一つのレンズ面を有し、焦点位置が前記集光用レンズの主点位置に略一致するように構成されたフィールドレンズと

を含む

ことを特徴とする液晶表示素子。

【請求項 2】 前記各マイクロレンズの全体での焦点位置が、前記画素開口に略一致するように構成されていることを特徴とする請求項 1 記載の液晶表示素子。

【請求項 3】 前記フィールドレンズの光学的な作用によって、光軸に対して発散角度成分を有して入射した入射光について、前記発散角度成分が前記マイクロレンズアレイから出射するときに除去され、その出射角度が光軸に平行に入射した主光線の出射角度と略同一となるように構成されていることを特徴とする請求項 1 記載の液晶表示素子。

【請求項 4】 液晶表示素子を透過した光を投射レンズを介して投射する投射型液晶表示装置に適用され、

前記各マイクロレンズの開口数が、前記投射レンズの F ナンバーに略相当するように構成されていることを特徴とする請求項 1 記載の液晶表示素子。

【請求項 5】 前記各マイクロレンズは、球面、非球面またはフレネル面の

いずれか1つもしくは2つ以上を組み合わせて構成されていることを特徴とする請求項1記載の液晶表示素子。

【請求項6】 光を発する光源と、

入射した光を光学的に変調する機能を有した液晶表示素子と、

前記液晶表示素子によって変調された光を投射する投射レンズとを備えた投射型液晶表示装置であって、

前記液晶表示素子は、液晶層と、光が通過可能な複数の画素開口を有する画素電極部と、前記液晶層に対して光の入射側または光の出射側の少なくとも一方の側に、前記複数の画素開口に対応して複数のマイクロレンズが2次元的に配列形成された少なくとも一つのマイクロレンズアレイとを備え、

前記各マイクロレンズは、光軸方向において少なくとも一つのレンズ面を有し、入射した光を前記画素開口側に集光させるように機能する集光用レンズと、光軸方向において少なくとも一つのレンズ面を有し、焦点位置が前記集光用レンズの主点位置に略一致するように構成されたフィールドレンズとを含む

ことを特徴とする投射型液晶表示装置。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】

本発明は、液晶表示素子およびこの液晶表示素子を利用して画像を表示する投射型液晶表示装置に関する。

【0002】

【従来の技術】

従来、液晶表示素子（以下、液晶パネル（LCD）という。）によって光変調された光をスクリーンに投射して、画像を表示するようにした投射型液晶表示装置（液晶プロジェクタ）がある。投射型液晶表示装置における画像の投射方式としては、スクリーンの前面側より画像を投射する前面投射式（フロント式）と、スクリーンの背面側より画像を投射する背面投射式（リア式）とがある。また、投射型液晶表示装置において、カラー表示を行うものには、液晶パネルを1枚用いる単板方式と、赤（Red=R）、緑（Green=G）、青（Blue=B）の3つの色

光に対応した 3 枚の液晶パネルを用いる 3 板方式とがある。

【 0 0 0 3 】

図 9 は、従来の投射型液晶表示装置の光学系（主として照明光学系）の概略構成を示している。この投射型液晶表示装置は、光軸 1 0 0 に沿って、光源 1 0 1 と、一対の第 1、第 2 マルチレンズアレイインテグレータ（以下、「MLA」と記す。）1 0 2、1 0 3 と、PS 合成素子 1 0 4 と、コンデンサレンズ 1 0 5 と、フィールドレンズ 1 0 6 と、液晶パネル 1 0 7 と、投射レンズ 1 0 8 とを順番に備えている。MLA 1 0 2、1 0 3 には、それぞれ複数の微小レンズ（マイクロレンズ）1 0 2 M、1 0 3 M が 2 次元的に配列されている。PS 合成素子 1 0 4 には、第 2 MLA 1 0 3 における隣り合うマイクロレンズ間に対応する位置に、複数の 1 / 2 波長板 1 0 4 A が設けられている。

【 0 0 0 4 】

この投射型液晶表示装置では、光源 1 0 1 から発せられた照明用の光が、MLA 1 0 2、1 0 3 を透過することにより、複数の小光束に分割される。MLA 1 0 2、1 0 3 を透過した光は、次に、PS 合成素子 1 0 4 に入射する。PS 合成素子 1 0 4 に入射する光 L 1 0 には、光軸 1 0 0 に垂直な面内において互いに直交する P 偏光成分および S 偏光成分が含まれている。PS 合成素子 1 0 4 は、入射した光 L 1 0 を 2 種類（P 偏光成分および S 偏光成分）の偏光光 L 1 1、L 1 2 に分離する。分離された偏光光 L 1 1、L 1 2 のうち、一方の偏光光 L 1 1 は、その偏光方向（例えば P 偏光）を保ったまま PS 合成素子 1 0 4 から出射される。他方の偏光光 L 1 2（例えば S 偏光成分）は、1 / 2 波長板 1 0 4 A の作用により、他の偏光成分（例えば P 偏光成分）に変換して出射される。これにより、分離された 2 つの偏光光 L 1 1、L 1 2 の偏光方向が特定の方向に揃えられる。

【 0 0 0 5 】

PS 合成素子 1 0 4 を出射した光は、コンデンサレンズ 1 0 5 およびフィールドレンズ 1 0 6 を経て、液晶パネル 1 0 7 に照射される。MLA 1 0 2、1 0 3 によって分割された各小光束は、コンデンサレンズ 1 0 5 の焦点距離 f_c と第 2 MLA 1 0 3 に設けられたマイクロレンズ 1 0 3 M の焦点距離 f_{ML2} とで決まる

拡大率で拡大され、液晶パネル 1 0 7 の入射面全体を照射する。これにより、液晶パネル 1 0 7 の入射面には、複数の拡大された光束が重畳され、全体的に均一な照明がなされる。液晶パネル 1 0 7 は、入射した光を画像信号に応じて空間的に変調して出射する。液晶パネル 1 0 7 を出射した光は、投射レンズ 1 0 8 によって図示しないスクリーンに投射され、スクリーン上に画像を形成する。

【 0 0 0 6 】

ところで、液晶パネルでは、その駆動デバイスとして薄膜トランジスタ（T F T ; Thin Film Transistor）などを基板上に作り込むため、隣接する画素間にはブラックマトリクスと呼ばれる光の遮蔽領域が設けられている。そのため、その開口率は決して 1 0 0 % とはならない。そこで、従来では、液晶パネルにおける開口率を上げるために、例えば、光の入射側に配置された対向基板上に 1 ドット（1 ピクセルまたは 1 サブピクセル）につき光軸方向に 1 面もしくは複数面の集光用マイクロレンズを配置し、液晶パネルの実効開口率を上げる工夫がなされている。ここで、液晶パネルにおける“実効開口率”とは、液晶パネルに入射する全光束に対する、液晶パネルから出射される全光束の割合をいう。なお、投射型液晶表示装置においては、通常、液晶パネルによる光の損失のみならず、後段の投射レンズによる光のケラレを考慮したものを、液晶パネルの実効開口率という。

【 0 0 0 7 】

図 1 0 は、液晶パネル 1 0 7 の構成例として、マイクロレンズを用いた方式のものを示している。なお、図 1 0 においては、図を見やすくするため、一部の領域でハッチングを省略している。この液晶パネル 1 0 7 は、画素電極基板 1 4 0 B と、画素電極基板 1 4 0 B の光の入射面側に液晶層 1 4 5 を介して対向配設された対向基板 1 4 0 A とを備えている。

【 0 0 0 8 】

画素電極基板 1 4 0 B は、ガラス基板 1 4 8 と、このガラス基板 1 4 8 の光の入射面側に積層された複数の画素電極部 1 4 6 および複数のブラックマトリクス部 1 4 7 とを有している。画素電極部 1 4 6 およびブラックマトリクス部 1 4 7 は、2 次元的に配列されている。各画素電極部 1 4 6 は、導電性を有した透明な

部材によって構成されている。ブラックマトリクス部 147 は、隣り合う画素電極部 146 の間に形成されている。各ブラックマトリクス部 147 は、例えば金属膜などにより遮光されている。ブラックマトリクス部 147 の内部には、隣接する画素電極部 146 に対して、画像信号に応じて選択的に電圧を印加するための図示しないスイッチング素子が形成されている。画素電極部 146 に電圧を印加するためのスイッチング素子としては、例えば TFT が使用される。

【0009】

対向基板 140A は、光の入射側から順に、ガラス基板 141 と、マイクロレンズアレイ 142 と、カバーガラス 144 とを有している。ガラス基板 141 とマイクロレンズアレイ 142 との間には、樹脂層 143 が積層されている。なお、図示しないが、カバーガラス 144 と液晶層 145 との間には、画素電極部 146 との間で電位を発生させるための対向電極が配設されている。樹脂層 143 は、屈折率が n_1 の光学樹脂により構成されている。

【0010】

マイクロレンズアレイ 142 は、屈折率が n_2 ($>n_1$) の光学樹脂により構成され、各画素電極部 146 に対応して 2 次元的に設けられた複数のマイクロレンズ 142M を有している。マイクロレンズ 142M は、光の入射側が凸形状であり、正の屈折力（パワー）を有している。マイクロレンズ 142M は、ガラス基板 141 および樹脂層 143 を介して入射した光を、対応する画素電極部 146 に向けて集光する機能を有している。後段の投射レンズ 108 に十分な F ナンバーが確保されていれば、液晶パネルに入射した光のうち、マイクロレンズ 142M によって集光され開口部分 146A に入射した光が画像表示に利用可能な有効な光となる。このようにマイクロレンズ 142M を設けている場合には、マイクロレンズ 142M を設けない場合に比べて、画素電極部 146 の開口部分 146A に多くの光を入射させることができ、実効開口率を上げ、光利用効率を向上させることができる。

【0011】

このような構成の液晶パネル 107 において、マイクロレンズ 142M の光軸 200 に対して発散角 β で入射した光 211 は、マイクロレンズ 142M のパワ

一によって屈折されることにより、マイクロレンズ 1 4 2 M が無いときよりも発散した状態で出射する。このとき、出射光の発散角度 θ は、マイクロレンズ 1 4 2 M のパワーによって生じる角度 α と入射したときに元々ある角度成分 β との和であり、以下の式 (1) の関係を満たす。

$$\theta = \alpha + \beta \quad \cdots \cdots (1)$$

【0 0 1 2】

ここで、マイクロレンズ 1 4 2 M のパワーによってのみ生ずる角度 α は、マイクロレンズ 1 4 2 M の焦点距離を f_{ML} 、マイクロレンズの最大外形（直径）を $2a$ とすると、以下の式 (2) で定義される。

$$\tan \alpha = a / f_{ML} \quad \cdots \cdots (2)$$

【0 0 1 3】

一方、液晶パネル 1 0 7 に入射する照明光の発散角（入射発散角） β は、コンデンサレンズ 1 0 5（図 9）の焦点距離を f_c 、半径を r_c とすると、以下の式 (3) で定義される。

$$\tan \beta = r_c / f_c \quad \cdots \cdots (3)$$

【0 0 1 4】

また、液晶パネル 1 0 7 の出射光の発散角が θ であるとき、投射レンズ 1 0 8 に必要な F ナンバー（F n o .）は、以下の式 (4) で定義される。

$$F n o . = 1 / (2 \sin \theta) \quad \cdots \cdots (4)$$

【0 0 1 5】

【発明が解決しようとする課題】

ところで、上述の液晶パネル 1 0 7 において、発散角度 β の大きい光が入射すると、その入射光をマイクロレンズ 1 4 2 M によるレンズ作用では十分に開口部分 1 4 6 A に集光させることができずに、ブラックマトリクス部 1 4 7 によって一部の光にケラレが生じる。また、発散角度 β の大きい光が入射すると、パネルからの出射光はマイクロレンズ 1 4 2 M のパワーによってマイクロレンズが無いときよりも発散し、その発散角度 θ は、式 (1) から分かるように大きくなる。一方で、投射レンズ 1 0 8 は、式 (4) で定義される F ナンバーによって決まる所定の角度以上の光を取り込むことはできない。このため、出射発散角度 θ の大

きすぎる光は、後段の投射レンズ108においてケラレを生じさせる。

【0016】

以上のことから、マイクロレンズ142Mによる光利用効率向上の効果を出すためには、入射発散角度 β を小さくする必要がある。しかしながら、入射発散角度 β を小さくするためには、式(3)から分かるようにコンデンサレンズ105の焦点距離 f_c が長くなることを意味する。また、第2MLA103におけるマイクロレンズ103Mの焦点距離が長くなることをも意味する。このため、入射発散角度 β を小さくするためには、光源102から液晶パネル107に至る光路長の増大を招くことになる。この光路長の増大は、装置全体の大型化を招くと共に、液晶パネル107の前段の照明光学系を含めた照明光学系全体での光利用効率の低下を招く。また、投射レンズ108として発散角度 θ に相当する明るいFナンバー（例えば1.2～1.5程度）のものを使用すれば、投射レンズ108におけるケラレを解消することができるが、明るいFナンバーのレンズは、設計の難易度とコストを大幅に増大させることになるという問題がある。

【0017】

以上の照明系および液晶パネル107のマイクロレンズ142Mにおける問題をまとめると、以下の(i)～(iii)のようになる。

(i) 入射発散角度 β の大きい光は、液晶パネルのブラックマトリクス部または投射レンズにおいてケラレを生じさせる。

(ii) 入射発散角度 β を小さく抑えることにより液晶パネルにおける実効開口率は向上するが、照明系全体としての光利用効率は低下し、装置の大型化を招く。

(iii) 液晶パネルからの出射光の発散角度 θ は、マイクロレンズのパワーによって生じる角度 α と入射発散角度 β の和であり、その出射光はマイクロレンズがないときよりも発散する。このため、投射レンズとしては、大きい発散角度 θ に対応するために、その発散角度 θ に相当する明るいFナンバーのものが必要となる。これは、投射レンズの設計の難易度およびコストの増大を招く。

【0018】

ここで、液晶パネル107におけるマイクロレンズ142Mの焦点距離を短く

することにより、上記 (i) におけるブラックマトリクス部 1 4 7 でのケラレの問題を改善することが可能である。しかしながら、この場合には、マイクロレンズ 1 4 2 M のパワーによって生じる角度 α が大きくなることにより、出射発散角度 θ が大きくなるため、それに付随して上記 (iii) の問題が発生してしまう。このとき、投射レンズ 1 0 8 の F ナンバーを小さくして明るくすると、結像性能の低下や投射レンズ自体の大型化および製造コストの増大などの問題が生じる。実際の投射型液晶装置では、投射レンズ 1 0 8 の F ナンバーに合わせる形でマイクロレンズ 1 4 2 M の焦点距離 f_{ML} を長く設定し、画素開口部—マイクロレンズ間距離の最適化を行っているため、上記 (i) および (ii) の問題を残したままの状態となっている。

【 0 0 1 9 】

一方、図 1 1 に示したように、画素電極基板側にもマイクロレンズアレイ 1 5 2 を配置し、対向基板側のマイクロレンズ 1 4 2 M によって生じる角度 α をマイクロレンズアレイ 1 5 2 の出射時にキャンセルするようにした方式の液晶パネルが提案されている。図 1 1 に示した構成例では、対向基板側のマイクロレンズアレイ 1 4 2 が、ガラス基板 1 4 1 における光の出射側の面に直接形成されている。画素電極基板 1 4 0 B における光の出射側には、光学樹脂からなる他のマイクロレンズアレイ 1 5 2 が配置されている。マイクロレンズアレイ 1 5 2 の光の出射側には、ガラス基板 1 5 1 が配置されている。マイクロレンズアレイ 1 5 2 は、対向基板側のマイクロレンズ 1 4 2 M に対応して、複数の他のマイクロレンズ 1 5 2 M を有している。マイクロレンズ 1 5 2 M は、光の出射側が凸形状となっており、正のパワーを有している。このマイクロレンズ 1 5 2 M は、対向基板側の対応するマイクロレンズアレイ 1 4 2 と組み合わせられてコリメータとして機能するよう構成されている。この液晶パネルは、対向基板側のガラス基板 1 4 1 およびマイクロレンズ 1 4 2 M の屈折率をそれぞれ n_1 , n_2 、画素電極基板側のマイクロレンズ 1 5 2 M およびガラス基板 1 5 1 の屈折率をそれぞれ n_3 , n_4 とすると、 $n_2 > n_1$ かつ $n_3 > n_4$ の関係を満たすように構成されている。

【 0 0 2 0 】

この方式の液晶パネルに入射した光は、例えば図 1 1 に示した入射光 2 1 2 の

ように、まず、対向基板側のマイクロレンズ142Mのパワーによって角度 α の屈折作用を受ける。一方、この入射光は、画素電極基板側のマイクロレンズ152Mにおけるコリメータとしての機能によって、角度 α とは逆方向の角度 $-\alpha$ の屈折作用を受ける。これにより、対向基板側のマイクロレンズ142Mのパワーによってついた角度成分 α が、マイクロレンズ152Mを出射するときにはキャンセルされて出射される。この方式では、角度 α がキャンセルされることにより、出射発散角度 θ は、式(1)より「 $\theta = \beta$ 」となり、図10の方式と比較して角度 α の分だけ発散角度 θ を小さくすることができる。しかしながら、このような方式によるマイクロレンズの配置では、発散角 β で入射した光213が、本来入射すべきマイクロレンズ152M-1ではなく、例えば隣の位置にあるマイクロレンズ152M-2に入射してしまうと、そのマイクロレンズ152M-2は入射光に対してコリメータとして機能しなくなる。この場合には、上述の「 $\theta = \beta$ 」の関係が崩れ、出射発散角度 θ は、入射発散角度 β よりも大きな値となり、実効開口率を向上させることができなくなる。

【0021】

また、例えば特開平5-341283号公報には、入射発散角度 β をキャンセルして出射する方式のものが提案されている。この公報記載の液晶パネルは、一対のガラス基板と、これらのガラス基板間に設けられた液晶層とを備え、一対のガラス基板の少なくとも一方の基板の両面に、画素開口部に対応させてマイクロレンズを配置した構成となっている。この液晶パネルでは、基板両面に設けられた2つのマイクロレンズのそれぞれの焦点距離が等しく、かつ、それらのレンズ間距離が焦点距離と等しくなるように設定されている。これにより、2つのマイクロレンズのそれぞれが、平行光を入射させたときに、その平行光をマイクロレンズが設けられている基板面とは反対の面の近傍に集光させるような光学特性を有している。これにより、入射発散角度 β をキャンセルして出射させるようにしている。この提案では、マイクロレンズの形成方法としてイオン交換法を用いるものとしている。

【0022】

ところで、上記公報の記載では、マイクロレンズの一方の面が基板の内側に凸

形状であると共に、他方の面（基板の両端の面）が平坦な形状となっている。また、画素開口部側のマイクロレンズと画素開口部との間の距離が略0となっている。この方式ではマイクロレンズを搭載した基板の厚みは数10 μ m程度になると考えられる。しかしながら、このような構成では、特にマイクロレンズを搭載した基板の作製が非常に困難であるという問題がある。特にイオン交換法による製造では、厚さのコントロールが困難であり、厚さ数10 μ m程度の薄い基板を、マイクロレンズについて所望の光学特性が得られるように精度良く加工するのは困難である。例えば、この方式では所望の光学特性を出すために、基板の両端にあるマイクロレンズのレンズ面を研磨する必要があると考えられるが、厚さ数10 μ mの薄い基板を精度良く研磨するのは非常に困難である。近年の液晶パネルは高精細化が要求されており、画素ピッチも細くなって、より精度の高い加工が必要とされている。上記公報記載の液晶パネルは、この点において不利である。

【0023】

本発明はかかる問題点に鑑みてなされたもので、その目的は、構成の大型化や製造上の困難性を招くことなく、実効開口率を大きくして光利用効率を向上させることができる液晶表示素子および投射型液晶表示装置を提供することにある。

【0024】

【課題を解決するための手段】

本発明による液晶表示素子は、液晶層と、光が通過可能な複数の画素開口を有する画素電極部と、液晶層に対して光の入射側または光の出射側の少なくとも一方の側に、複数の画素開口に対応して複数のマイクロレンズが2次元的に配列形成された少なくとも一つのマイクロレンズアレイとを備えている。各マイクロレンズは、光軸方向において少なくとも一つのレンズ面を有し、入射した光を画素開口側に集光させるように機能する集光用レンズと、光軸方向において少なくとも一つのレンズ面を有し、焦点位置が集光用レンズの主点位置に略一致するように構成されたフィールドレンズとを含んでいる。本発明による液晶表示素子において、集光用レンズとフィールドレンズは、液晶層に対して光の入射側にまとめて設けられていても良いし、例えば、集光用レンズを液晶層に対して光の入射側

に設けると共に、フィールドレンズを液晶層に対して光の出射側に別途設けるようにしても良い。

【 0 0 2 5 】

ここで、本発明による液晶表示素子は、各マイクロレンズの全体での焦点位置が、画素開口に略一致するように構成されていることが望ましい。なお、各マイクロレンズの全体での焦点位置が、画素開口付近にある方が、開口効率が良くなると考えられるが、入射光についてすべての角度成分を考慮すると、必ずしも焦点位置が画素開口に完全に一致している場合が最も開口効率が良くなるとは限らない。すべての角度成分を考慮すると、例えば光のビームウェストが画素開口に一致するように焦点位置を設定することが望ましいと考えられる。

【 0 0 2 6 】

また、本発明による投射型液晶表示装置は、光を発する光源と、入射した光を光学的に変調する機能を有した液晶表示素子と、液晶表示素子によって変調された光を投射する投射レンズとを備え、液晶表示素子に、本発明による液晶表示素子を適用したものである。

【 0 0 2 7 】

本発明による液晶表示素子および投射型液晶表示装置では、例えば、光軸に対して発散角度成分を有して入射した入射光について、その発散角度成分がマイクロレンズアレイから出射するときに除去される。これにより、例えばマイクロレンズの焦点距離を短くしたとしても、出射光の発散角度が大きくなりすぎることが防止され、例えば、投射型液晶表示装置に適用した場合における投射レンズでの光のケラレの量を低減することができる。

【 0 0 2 8 】

【発明の実施の形態】

図 1 は、本発明の一実施の形態に係る投射型液晶表示装置の全体構成の一例を示している。この図に示した投射型液晶表示装置は、透過型の液晶パネルを 3 枚用いてカラー画像表示を行ういわゆる 3 板方式のものである。この投射型液晶表示装置は、光を発する光源 1 1 と、一對の第 1、第 2 マルチレンズアレイインテグレータ（以下、「MLA」と記す。）1 2，1 3 と、MLA 1 2，1 3 の間に

設けられ、光路（光軸 1 0）を第 2 M L A 1 3 側に略 9 0 度曲げるように配置された全反射ミラー 1 4 とを備えている。M L A 1 0 2, 1 0 3 には、それぞれ複数のマイクロレンズ 1 2 M, 1 3 M が 2 次元的に配列されている。M L A 1 2, 1 3 は、光の照度分布を均一化させるためのものであり、入射した光を複数の小光束に分割する機能を有している。

【 0 0 2 9 】

光源 1 1 は、カラー画像表示に必要とされる、赤色光、青色光および緑色光を含んだ白色光を発するようになっている。この光源 1 1 は、白色光を発する発光体（図示せず）と、発光体から発せられた光を反射、集光する凹面鏡とを含んで構成されている。発光体としては、例えば、ハロゲンランプ、メタルハライドランプまたはキセノンランプ等が使用される。凹面鏡は、集光効率が良い形状であることが望ましく、例えば回転楕円面鏡や回転放物面鏡等の回転対称な面形状となっている。

【 0 0 3 0 】

この投射型液晶表示装置は、また、第 2 M L A 1 3 の光の出射側に、P S 合成素子 1 5 と、コンデンサレンズ 1 6 と、ダイクロイックミラー 1 7 とを順番に備えている。ダイクロイックミラー 1 7 は、入射した光を、例えば赤色光 L R と、その他の色光とに分離する機能を有している。

【 0 0 3 1 】

P S 合成素子 1 5 には、第 2 M L A 1 3 における隣り合うマイクロレンズ間に対応する位置に、複数の $1/2$ 波長板 1 5 A が設けられている。P S 合成素子 1 5 は、図 4 に示したように、入射した光 L 0 を 2 種類（P 偏光成分および S 偏光成分）の偏光光 L 1, L 2 に分離する機能を有している。P S 合成素子 1 5 は、また、分離された 2 つの偏光光 L 1, L 2 のうち、一方の偏光光 L 2 を、その偏光方向（例えば P 偏光）を保ったまま P S 合成素子 1 5 から出射し、他方の偏光光 L 1（例えば S 偏光成分）を、 $1/2$ 波長板 1 5 A の作用により、他の偏光成分（例えば P 偏光成分）に変換して出射する機能を有している。

【 0 0 3 2 】

この投射型液晶表示装置は、また、ダイクロイックミラー 1 7 によって分離さ

れた赤色光 L R の光路に沿って、全反射ミラー 1 8 と、フィールドレンズ 2 4 R と、液晶パネル 2 5 R とを順番に備えている。全反射ミラー 1 8 は、ダイクロイックミラー 1 7 によって分離された赤色光 L R を、液晶パネル 2 5 R に向けて反射するようになっている。液晶パネル 2 5 R は、フィールドレンズ 2 4 R を介して入射した赤色光 L R を、画像信号に応じて空間的に変調する機能を有している。

【 0 0 3 3 】

この投射型液晶表示装置は、さらに、ダイクロイックミラー 1 7 によって分離された他の色光の光路に沿って、ダイクロイックミラー 1 9 を備えている。ダイクロイックミラー 1 9 は、入射した光を、例えば緑色光と青色光とに分離する機能を有している。

【 0 0 3 4 】

この投射型液晶表示装置は、また、ダイクロイックミラー 1 9 によって分離された緑色光 L G の光路に沿って、フィールドレンズ 2 4 G と、液晶パネル 2 5 G とを順番に備えている。液晶パネル 2 5 G は、フィールドレンズ 2 4 G を介して入射した緑色光 L G を、画像信号に応じて空間的に変調する機能を有している。

【 0 0 3 5 】

この投射型液晶表示装置は、さらに、ダイクロイックミラー 1 9 によって分離された青色光 L B の光路に沿って、リレーレンズ 2 0 と、全反射ミラー 2 1 と、リレーレンズ 2 2 と、全反射ミラー 2 3 と、フィールドレンズ 2 4 B と、液晶パネル 2 5 B とを順番に備えている。全反射ミラー 2 1 は、リレーレンズ 2 0 を介して入射した青色光 L B を、全反射ミラー 2 3 に向けて反射するようになっている。全反射ミラー 2 3 は、全反射ミラー 2 1 によって反射され、リレーレンズ 2 2 を介して入射した青色光 L B を、液晶パネル 2 5 B に向けて反射するようになっている。液晶パネル 2 5 B は、全反射ミラー 2 3 によって反射され、フィールドレンズ 2 4 B を介して入射した青色光 L B を、画像信号に応じて空間的に変調する機能を有している。

【 0 0 3 6 】

この投射型液晶表示装置は、また、赤色光 L R、緑色光 L G および青色光 L B

の光路が交わる位置に、3つの色光LR、LG、LBを合成する機能を有したクロスプリズム26を備えている。この投射型液晶表示装置は、また、クロスプリズム26から出射された合成光を、スクリーン28に向けて投射するための投射レンズ27を備えている。クロスプリズム26は、3つの入射面26R、26G、26Bと、一つの出射面26Tとを有している。入射面26Rには、液晶パネル25Rから出射された赤色光LRが入射するようになっている。入射面26Gには、液晶パネル25Gから出射された緑色光LGが入射するようになっている。入射面26Bには、液晶パネル25Bから出射された青色光LBが入射するようになっている。クロスプリズム26は、入射面26R、26G、26Gに入射した3つの色光を合成して出射面26Tから出射する。

【0037】

図2は、液晶パネル25R、25G、25Bの構成例を示している。液晶パネル25R、25G、25Bは、それぞれ変調対象となる光の成分が異なるのみで、その機能、構成は実質的に同じである。以下では、各色用の液晶パネル25R、25G、25Bの構成をまとめて説明する。なお、図2においては、図を見やすくするため、一部の領域でハッチングを省略している。液晶パネル25（25R、25G、25B）は、画素電極基板40Bと、この画素電極基板40Bの光の入射面側に液晶層45を介して対向配設された対向基板40Aとを備えている。

【0038】

画素電極基板40Bは、ガラス基板48と、このガラス基板48の光の入射面側に積層された複数の画素電極部46および複数のブラックマトリクス部47とを有している。画素電極基板40Bは、また、画素電極部45およびブラックマトリクス部46と液晶層45との間に積層された配向膜（図示せず）を有している。画素電極部46およびブラックマトリクス部47は、2次元的に配列されている。各画素電極部46は、導電性を有した透明な部材によって構成されている。ブラックマトリクス部47は、隣り合う画素電極部46の間に形成されている。各ブラックマトリクス部47は、例えば金属膜などにより遮光されている。ブラックマトリクス部47の内部には、隣接する画素電極部46に対して、画像信

号に応じて選択的に電圧を印加するための図示しないスイッチング素子が形成されている。画素電極部46に電圧を印加するためのスイッチング素子としては、例えばTFTが使用される。ブラックマトリクス部47によって囲まれ、入射光が透過可能な一つの画素電極部46の開口領域が、1画素分の画素開口46Aとなる。

【0039】

対向基板40Aは、光の入射側から順に、ガラス基板41と、第1の樹脂層43Aと、マイクロレンズアレイ42と、第2の樹脂層43Bと、カバーガラス44とを有している。対向基板40Aは、図示しないが、カバーガラス44と液晶層45との間に、対向電極と配向膜とをさらに有している。対向電極は、画素電極部46との間で電位を発生させるためのものである。

【0040】

マイクロレンズアレイ42は、光学樹脂により構成され、各画素電極部46に対応して2次元的に設けられた複数のマイクロレンズ42Mを有している。各マイクロレンズ42Mは、全体として正の屈折力（パワー）を有しており、液晶パネル25に入射した光を、対応する画素電極部46に向けて集光する機能を有している。後段の投射レンズ27に十分なFナンバーが確保されていれば、液晶パネル25に入射した光のうち、マイクロレンズ42Mによって集光され画素開口46Aに入射した光のほとんどが画像表示に利用可能な有効な光となる。液晶パネル25からの出射光を有効利用するために、投射レンズ27のFナンバーは、マイクロレンズ42Mの開口数と略一致または、マイクロレンズ42Mの開口数よりも明るくなるような値に設定されていることが望ましい。

【0041】

各マイクロレンズ42Mは、一つの画素開口46A、すなわち、1ドット（1ピクセルまたは1サブピクセル）につき光軸方向に2つのレンズ面R1、R2が配置されるように構成されている。各レンズ面R1、R2は、それぞれ正のパワーを有するように構成されている。図2の例では、各レンズ面R1、R2は球面形状で構成され、第1のレンズ面R1が、光の入射側（光源側）に凸形状、第2のレンズ面R2が、光の出射側に凸形状となっている。このような面形状で正の

パワーを持たせるために、第1の樹脂層43A、マイクロレンズアレイ42、第2の樹脂層43Bは、その屈折率をそれぞれ n_1 、 n_2 、 n_3 とすると、「 $n_2 > n_1$ 、 n_3 」の関係を満たすように構成されている。なお、 n_2 と n_1 の相対的な屈折率差は、例えば0.2～0.3程度で、より高い値が確保されていることが望ましい。 n_2 と n_3 についても同様である。

【0042】

また、各マイクロレンズ42Mは、第2のレンズ面R2の焦点位置が、第1のレンズ面R1についての主点位置H1（図3）に略一致し、かつマイクロレンズ全体での焦点位置が、画素開口46Aの位置に略一致するように構成されている。第1のレンズ面R1は、集光機能を有した集光用レンズを形成している。第2のレンズ面R2は、フィールド機能を有したフィールドレンズを形成している。なお、マイクロレンズ42Mがこれらの光学的条件を満足することによる光学的な作用および効果は、後に詳述する。

【0043】

なお、マイクロレンズ全体での焦点位置は、画素開口付近にある方が、開口効率が良くなると考えられるが、入射光についてすべての角度成分を考慮すると、焦点位置が画素開口に完全に一致している場合が最も開口効率が良くなるとは限らない。すべての角度成分を考慮すると、例えば光のビームウェストが画素開口に一致するように焦点位置を設定することが望ましいと考えられる。

【0044】

なお、第1の樹脂層43A、マイクロレンズアレイ42、第2の樹脂層43Bは、レンズ面R1、R2が正のパワーを持ち、所定の光学特性を満たすように構成されていれば良く、図示した形状に限定されない。また、マイクロレンズ42Mの機能を持たせるための十分なパワーが得られれば、後述の変形例に示すように、樹脂層43A、43Bを構成から省き、ガラス基板41とカバーガラス44との間に直接マイクロレンズアレイ42を形成するようにしても良い。

【0045】

ここで、液晶パネル25におけるマイクロレンズアレイ部分の製造方法について簡単に説明する。まず、第1の樹脂層43Aおよび第2の樹脂層43Bを製造

する。第1の樹脂層43Aは、例えばアクリル系の樹脂を、マイクロレンズ42Mの第1のレンズ面R1のパターンが形成されたスタンプによって成型して製造する。第2の樹脂層43Bについても同様であり、例えばアクリル系の樹脂を、マイクロレンズ42Mの第2のレンズ面R2のパターンが形成されたスタンプによって成型することにより製造する。このように成型された2つの樹脂層43A、43Bを対向配置し、その間にマイクロレンズアレイ42の材料となる光学樹脂（例えばウレタン系やアクリル系の樹脂）を充填する。充填された樹脂が接着剤の役割を果たし、第1の樹脂層43A、マイクロレンズアレイ42および第2の樹脂層43Bが一体化される。その後、第1の樹脂層43Aおよび第2の樹脂層43Bの表面に研磨を施す。なお、マイクロレンズアレイの製造方法は以上の方法に限定されず、他の方法を用いても良い。

【0046】

なお、液晶パネル25において、第2のレンズ面R2と画素開口46Aの間にはカバーガラス44、配向膜（図示せず）、液晶層45などの層が存在することになるが、これらの層厚はできるだけ薄くする方が望ましい（例えば全体の厚さが5～25 μm in air程度）。

【0047】

次に、上記のような構成の投射型液晶表示装置の作用について説明する。

【0048】

まず、図1を参照して、投射型液晶表示装置の全体的な作用について説明する。光源11から発せられた白色光は、まず、MLA12、13を透過することにより、複数の小光束に分割される。MLA12、13を透過した光は、次に、PS合成素子15に入射する。PS合成素子15に入射する光には、光軸10に垂直な面内において互いに直交するP偏光成分およびS偏光成分が含まれている。PS合成素子15は、図4に示したように、入射した光L0を2種類（P偏光成分およびS偏光成分）の偏光光L1、L2に分離する。分離された偏光光のうち、一方の偏光光L2は、その偏光方向（例えばP偏光）を保ったままPS合成素子15から出射される。他方の偏光光L1（例えばS偏光成分）は、1/2波長板15Aの作用により、他の偏光成分（例えばP偏光成分）に変換して出射され

る。これにより、分離された2つの偏光光L1, L2の偏光方向が特定の方向（例えばP偏光）に揃えられる。

【0049】

PS合成素子15を出射した光は、次に、コンデンサレンズ16を透過した後、ダイクロイックミラー17に入射する。ダイクロイックミラー17に入射した光は、ダイクロイックミラー17の作用により、例えば赤色光LRと、その他の色光とに分離される。

【0050】

ダイクロイックミラー17によって分離された赤色光LRは、全反射ミラー18によって、液晶パネル25Rに向けて反射される。全反射ミラー18によって反射された赤色光LRは、フィールドレンズ24Rを介して液晶パネル25Rに入射する。液晶パネル部25Rに入射した赤色光LRは、液晶パネル25Rにおいて、画像信号に応じて空間的に変調された後、クロスプリズム26の入射面26Rに入射する。

【0051】

一方、ダイクロイックミラー17によって分離されたその他の色光は、次に、ダイクロイックミラー19に入射し、ここで、例えば緑色光LGと青色光LBとに分離される。ダイクロイックミラー19によって分離された緑色光LGは、フィールドレンズ24Gを介して液晶パネル25Gに入射する。液晶パネル25Gに入射した緑色光LGは、液晶パネル25Gにおいて、画像信号に応じて空間的に変調された後、クロスプリズム26の入射面26Gに入射する。

【0052】

ダイクロイックミラー19によって分離された青色光LBは、リレーレンズ20を介して全反射ミラー21に入射し、ここで、全反射ミラー23に向けて反射される。全反射ミラー21によって反射された青色光LBは、リレーレンズ22を介して全反射ミラー23に入射し、ここで、液晶パネル部25Bに向けて反射される。全反射ミラー23によって反射された青色光LBは、フィールドレンズ24Bを介して液晶パネル25Bに入射する。液晶パネル25Bに入射した青色光LBは、液晶パネル25Bにおいて、画像信号に応じて空間的に変調された後

、クロスプリズム 26 の入射面 26B に入射する。

【0053】

なお、液晶パネル 25R、25G、25B のそれぞれの入射面には、MLA12、13 によって分割された複数の小光束が拡大された状態で重畳され、全体的に均一な照明がなされる。MLA12、13 によって分割された各小光束は、コンデンサレンズ 16 の焦点距離 f_c と第 2 MLA13 に設けられたマイクロレンズ 13M の焦点距離 f_{MLA2} とで決まる拡大率で拡大される。

【0054】

クロスプリズム 26 に入射した 3 つの色光 LR、LG、LB は、クロスプリズム 26 の作用により合成され、出射面 26T から投射レンズ 27 に向けて出射される。その出射光が、投射レンズ 27 によってスクリーン 28 の前面側または背面側に投射されることにより、スクリーン 28 上に画像を形成する。

【0055】

次に、主として図 3 を参照して、本実施の形態の特徴部分である液晶パネル 25 におけるマイクロレンズ 42M による光学的な作用および効果について説明する。

【0056】

図 3 では、説明を簡略化するため、液晶パネル 25 におけるマイクロレンズ部分の主要な構成要素のみを示している。既に説明したように、マイクロレンズ 42M において、第 1 のレンズ面 R1 および第 2 のレンズ面 R2 は、正のパワーを有している。また、第 2 のレンズ面 R2 の焦点位置は、第 1 のレンズ面 R1 についての主点位置 H1 に略一致し、かつマイクロレンズ全体での焦点位置が、画素開口 46A の位置に略一致している。以下、このような構成において、液晶パネル 25 の前段の照明光学系によって液晶パネル 25 に発散角 β の照明光が全体的に照明されるものとして説明する。

【0057】

まず、マイクロレンズ 42M の光軸 60 に対して平行な主光線 60A (図中、実線で示す) について考える。主光線 60A は、マイクロレンズ全体のパワーによって画素開口 46A 付近に集光される。マイクロレンズ 42M を通過後の出射

光の光軸 60 に対する最大発散角度 α は、マイクロレンズ 42M の最大外形とマイクロレンズ 42M 全体の合成焦点距離との関係で決まる。具体的には、最大外形（直径）を $2a$ 、合成焦点距離を f とすると、以下の式（5）で表される。

$$\tan \alpha = a / f \quad \cdots \cdots (5)$$

【0058】

一方、合成焦点距離 f は、第 1 のレンズ面 R1 についての焦点距離を f_1 、第 2 のレンズ面 R2 についての焦点距離を f_2 とすると、以下の式（6）で表される。 Δ は、第 1 のレンズ面 R1 についての主点 H1 と第 2 のレンズ面 R2 についての主点 H2 との間隔（主点間隔）を示す。

$$f = f_1 \times f_2 / (f_1 + f_2 - \Delta) \quad \cdots (6)$$

【0059】

ここで、第 2 のレンズ面 R2 についての焦点位置と第 1 のレンズ面 R1 についての主点位置 H1 とを一致させたときには、 $\Delta = f_2$ となるので、合成焦点距離 f は、以下の式（7）で表される。

$$f = f_2 \quad \cdots \cdots (7)$$

【0060】

式（7）は、合成焦点距離 f が、第 1 のレンズ面 R1 についての焦点距離 f_1 の値によらず、一定の値 f_2 となることを示している。式（7）と式（5）から、主光線 60A についての出射光の最大発散角度 α は、マイクロレンズ 42M の外形（半径） a と第 2 のレンズ面 R2 による焦点距離 f_2 とで一義的に決定されることが分かる。またこのとき、第 1 のレンズ面 R1 による焦点距離 f_1 の値により、合成焦点距離 f を一定の値に保ったまま、レンズ全体の合成焦点位置をコントロールすることが可能となる。焦点距離 f_1 を適当な値にすることにより、画素開口 46A と第 2 のレンズ面 R2 との間の距離を加工上必要なだけ確保することができる。

【0061】

次に、光軸 60 に対して角度成分を持って入射する発散光 60B（図中、破線で示す）について考える。光軸 60 に対して $\pm \beta$ の角度で液晶パネル 25 を照明する光は、主光線 60A を中心に、 $\pm \beta$ の角度で発散した状態で第 1 のレンズ面

R 1 を通過する。この光は、第 2 のレンズ面 R 2 についての焦点位置が第 1 のレンズ面 R 1 についての主点 H 1 と略一致していることにより、第 2 のレンズ面 R 2 を通過する際に、すべて主光線 6 0 A に平行な光に変わってしまう。すなわち、主光線 6 0 A と発散光 6 0 B の双方とも、マイクロレンズ 4 2 M を出射した後の最大発散角度 α は等しくなる。

【 0 0 6 2 】

以上の光学的作用を有するマイクロレンズ 4 2 M を搭載することにより、液晶パネル 2 5 を出射する光の最大発散角度 θ は、以下の式 (8) で表されることになる。

$$\theta = \alpha \quad \cdots \cdots (8)$$

【 0 0 6 3 】

この式 (8) は、液晶パネル 2 5 における出射光の発散角度 θ も、マイクロレンズ 4 2 M の外形 (半径) a と第 2 のレンズ面 R 2 による焦点距離 f_2 との 2 つのパラメータだけで決まり、照明光の発散角度 β は、出射光の発散角度 θ に影響を及ぼさないことを意味している。すなわち、本実施の形態によれば、照明光の発散角度 β が液晶パネル 2 5 を出射するときには除去され、図 1 0 の従来方式と比較して角度 β の分だけ出射発散角度 θ を小さくすることができる。これにより、本実施の形態では、マイクロレンズ 4 2 M の焦点距離を短くしたとしても、図 1 0 の従来方式と比較して、ブラックマトリクス部 4 7 における光のケラレの量を低減することができる。この効果によって、実効開口率を悪化させることなくマイクロレンズ 4 2 M の焦点距離を従来に比べて大幅に短くすることが可能になると共に、画素開口 4 6 A に形成される集光スポットサイズも大幅に小さくすることができる。これにより、液晶パネル 2 5 における実効開口率を向上させることが可能となる。

【 0 0 6 4 】

さらに、本実施の形態では、従来に比べて画素開口 4 6 A に対して集光スポットサイズを十分に小さくすることが可能になるので、従来に比べて入射発散角度 β を大きくすることができる。そして、図 3 より明らかなように、入射発散角度 β を大きくすることによって、集光スポットサイズを画素開口 4 6 A の開口寸法

限界まで拡大して、出射光量の向上を図ることが可能である。また、この入射発散角度 β を拡大することは、液晶パネル25への入射光量および光学系を格納する筐体のサイズについて非常に重要な意味を持つ。

【0065】

既に図9を参照して説明した場合と同様に、液晶パネル25に入射する照明光の発散角度 β は、コンデンサレンズ16の焦点距離を f_c 、半径を r_c とすると、以下の式(3)で定義される。

$$\tan \beta = r_c / f_c \quad \cdots \cdots (3)$$

【0066】

このように発散角度 β は、コンデンサレンズ16の半径 r_c と焦点距離 f_c によって決まるパラメータである。しかしながら、コンデンサレンズ16の半径 r_c の値については実質的に、光源11を構成するランプの大きさによって決定されるため、発散角度 β を大きくすることは焦点距離 f_c を短くすることになる。一方、第1MLA12の各マイクロレンズ12Mの拡大率 M (液晶パネル25に対する照明エリアと第1MLA12の相似比で一定値)は、以下の式(7)に示すように、第2MLA13の各マイクロレンズ13Mの焦点距離 f_{MLA2} とコンデンサレンズ16の焦点距離 f_c との比である。MLA12, 13によって分割された各小光束は、この拡大率 M で拡大され液晶パネル25を照明する。

$$M = f_c / f_{MLA2} \quad \cdots \cdots (7)$$

【0067】

そのため、発散角度 β を拡大するためにコンデンサレンズ16の焦点距離 f_c を小さくすることは、第2MLA13の各マイクロレンズ13Mの焦点距離 f_{MLA2} も短くしなければならないことを意味する。焦点距離 f_{MLA2} が短くなれば、2つのMLA間の間隔も短くなるため、光学系は全体的にダウンサイズが可能となる。従って、光学系の筐体のダウンサイズを図ることができる。

【0068】

ところで、図4に示したように、第2MLA13の一つのマイクロレンズ13Mの有効径を D とすれば、PS合成素子15の構造上、PS合成素子15によって偏光成分の変換が可能なものは、一つのマイクロレンズ13Mにつき約 $D/2$

の大きさの開口部分に入射した光束のみとなる。従って、P S 合成素子 1 5 への光の取り込み効率を向上させるためには、第 2 M L A 1 3 上の光源像を小さくし、P S 合成素子 1 5 に入射する光束径を小さくすることが望ましい。ここで、第 2 M L A 1 3 上にできる光源像の大きさは、一般的に、光源 1 1 を構成するランプのアーチ長と、光源 1 1 の反射鏡とアーチとの距離（アーチ・反射鏡間距離）とに関する以下の式（8）で表される。

$$\text{ランプアーチ長} \times f_{\text{MLA2}} / \text{アーチ・反射鏡間距離} \quad \dots\dots (8)$$

【 0 0 6 9 】

このことから、発散角度 β を大きくして焦点距離 f_{MLA2} を短くすると、第 2 M L A 1 3 上の光源像が小さくなることが分かる。これにより、第 2 M L A 1 3 および P S 合成素子 1 5 への光の取り込み効率が向上し、液晶パネル 2 5 の前段の照明系セット全体での光出力を向上させ、液晶パネル 2 5 への入射光量を向上させることが可能となる。

【 0 0 7 0 】

以上のように、液晶パネル 2 5 への入射発散角度 β を拡大することで、光学系の筐体のダウンサイズと照明系全体での光出力の向上とを同時に達成可能となる。

【 0 0 7 1 】

[実施例]

図 5（A）は、図 2 に示した構成の液晶パネルを用いた場合における実効開口率（投射レンズへの光の取り込み効率）の具体的な数値実施例を示している。この実施例は、図 5（B）に示したシミュレーション条件の元で実効開口率の値を算出したものである。図 5（B）に示したように、ドットサイズ（図 3 に示した 2 a に相当する）は $18 \mu\text{m} \times 18 \mu\text{m}$ 、画素開口 4 6 A の寸法は $12 \mu\text{m} \times 12 \mu\text{m}$ に設定した。照明光学系としては、0.9 型パネル用のフライアイインテグレート光学系を設定した（液晶パネルへの入射発散角度 $\beta = \pm 9^\circ$ ）。投射レンズ 2 7 の F ナンバーは、1.7（液晶パネルからの出射発散角度 $\theta = 17.1^\circ$ ）に設定した。

【 0 0 7 2 】

このようなシミュレーション条件において、マイクロレンズ 4 2 M の合成焦点距離 f が $41\ \mu\text{m}$ 、第 2 のレンズ面 2 R と画素開口 4 6 A との間の距離が $8\ \mu\text{m}$ のときの実効開口率を算出した結果は 9 6 % となった。また、比較例として、単一のレンズ面のみがパワーを有する従来の単レンズ集光型のマイクロレンズ（図 1 0 参照）を用いた場合のシミュレーションを行った。比較例 1 は、マイクロレンズの焦点距離を長めの $70\ \mu\text{m}$ に設定したものであり、実効開口率は 8 6 % となった。比較例 2 は、マイクロレンズの焦点距離を短めの $41\ \mu\text{m}$ に設定したものであり、実効開口率は 7 7 % となった。

【 0 0 7 3 】

比較例の条件では、焦点距離が短めの場合には投射レンズのケラレが大きくなるため、焦点距離が長い $70\ \mu\text{m}$ の方が $41\ \mu\text{m}$ の場合よりも 1 0 % 近く高い実効開口率を示している。一方、本実施例では、合成焦点距離が比較例 2 と同一の短めの値 ($f = 41\ \mu\text{m}$) であるにもかかわらず、焦点距離が長めの比較例 1 の場合よりも実効開口率が 1 0 % も大幅に向上している。これは、マイクロレンズ 4 2 M の光学的作用によって照明光の入射発散角度 β がキャンセルされた効果によるものである。特に、本シミュレーションの結果は、屈折率に差のある界面での反射ロスを含んだものであるため、4 % ($100 - 96\%$) は、この反射ロスであると考えられる。すなわち、本実施例では、ブラックマトリクスまたは投射レンズによるケラレはほとんど発生していないと考えて良く、マイクロレンズ 4 2 M が実効開口率の向上に有効であることが分かる。

【 0 0 7 4 】

以上説明したように、本実施の形態によれば、各画素開口ごとに、2 つのレンズ面 R 1, R 2 を有するマイクロレンズ 4 2 M を配置し、第 2 のレンズ面 R 2 の焦点位置を、第 1 のレンズ面 R 1 についての主点位置 H 1 に略一致させると共に、マイクロレンズ全体での焦点位置が、画素開口 4 6 A の位置に略一致するようにしたので、例えば、光軸に対して発散角度成分 β を有して入射した入射光について、その発散角度成分 β がマイクロレンズ 4 2 M から出射するときに除去される。これにより、液晶パネル 2 5 における実効開口率の向上を図ることができると共に、照明光学系全体としての光利用効率の向上を図ることができる。また、

このような光出力の向上に加えて、照明光学系のダウンサイジングや投射レンズ 27 のコストダウンを図ることができる。従って、小型で高輝度化を実現できる。さらに、マイクロレンズの加工上の困難性も少ない。

【 0 0 7 5 】

このように本実施の形態によれば、構成の大型化や製造上の困難性を招くことなく、実効開口率を大きくして光利用効率を向上させることができる。

【 0 0 7 6 】

〔変形例〕

図 6 (A) , (B) は、液晶パネル 25 の構成の変形例を示している。図 6 (A) , (B) の構成では、対向基板 40A-1, 40A-2 の部分が、図 2 の構成と異なっている。図 2 の構成では、樹脂と樹脂との界面でマイクロレンズ 42M のレンズ面 R1, R2 を形成するようにしたが、ガラスと樹脂（または空気層）との界面によってレンズ面 R1, R2 を形成するようにしても良い。図 6 (A) , (B) は、屈折率が n_{g1} , n_{g2} の 2 つのガラス層 51, 53 の間に、屈折率が n_1 の樹脂層 52 を挟み込んでマイクロレンズ 42M を形成した構成となっている。ガラス層 51 と樹脂層 52 との界面によって第 1 のレンズ面 R1 が形成され、ガラス層 51 と樹脂層 53 との界面によって第 2 のレンズ面 R2 が形成されている。このとき、レンズ面 R1, R2 の形状は、2 つの界面の屈折率差によって決まる。

【 0 0 7 7 】

図 6 (A) は、樹脂層 52 とガラス層 51, 53 との屈折率が「 $n_1 > n_{g1}$, n_{g2} 」の関係を満たしているときの構成例である。このとき、第 1 のレンズ面 R1 は光の入射側（光源側）に凸形状、第 2 のレンズ面 R2 は光の出射側に凸形状となる。一方、図 6 (B) は、樹脂層 52 とガラス層 51, 53 との屈折率が「 $n_1 < n_{g1}$, n_{g2} 」の関係を満たしているときの構成例である。このとき、第 1 のレンズ面 R1 は光の入射側に凹形状、第 2 のレンズ面 R2 は光の出射側に凹形状となる。なお、図 6 (B) の構成において、樹脂層 52 を空気層としても良い。

【 0 0 7 8 】

図 6 (A), (B) に示した液晶パネルの対向基板 40A-1, 40A-2 の部分の製造は、例えば、まず、2 つのガラス基板の表面にレンズ面 R 1, R 2 のパターンを形成した後、その 2 つのガラス基板を対向配置し、その間に樹脂層 5 2 の材料となる光学樹脂（例えばウレタン系やアクリル系の樹脂）を充填することにより行う。ガラス基板の表面加工は、例えば種々のエッチング方法（等方性、異方性またはドライエッチングなど）を用いて行うことができる。

【 0 0 7 9 】

図 6 (A), (B) は、図 2 の構成と比較して、対向基板から樹脂層 4 3 A, 4 3 B を省いた構成となっているので、図 2 の構成よりも樹脂層を減らすことができる。このため、図 2 の構成に比べてコスト的に安く製造できる。

【 0 0 8 0 】

図 7 (A), (B) は、マイクロレンズ 4 2 M のレンズ面 R 1, R 2 の形状についての变形例を示している。レンズ面 R 1, R 2 の形状は、球面（図 7 (C)）の他にも、楕円などの非球面（図 7 (B)）や、フレネル面（図 7 (A)）などを使用することが可能である。球面レンズは、表面加工がしやすいという点で有利ではあるが、焦点距離が最短となる曲率半径がドット寸法に規制されてしまうため、レンズ界面での屈折率差が十分に確保されなければ、短焦点化は難しい。一方、非球面やフレネル面は、図からも分かるように、短焦点化やレンズ主面の平面性の点で優れており、発散角 β のキャンセル効果が高いレンズ形状である。

【 0 0 8 1 】

図 8 は、液晶パネル 2 5 の構成の他の变形例を示している。図 8 の变形例は、集光用のレンズ面を対向基板側に配置すると共に、フィールド機能を有するレンズ面を画素電極基板側に配置したものである。この变形例に係る液晶パネルは、画素電極基板 5 0 B と、この画素電極基板 5 0 B の光の入射面側に液晶層 4 5 を介して対向配設された対向基板 5 0 A とを備えている。

【 0 0 8 2 】

対向基板 5 0 A は、光の入射側から順に、ガラス基板 4 1 と、樹脂層 4 3 A と、第 1 のマイクロレンズアレイ 4 2 A と、カバーガラス 4 4 A とを有している。

一方、画素電極基板 5 0 B は、光の入射側から順に、画素電極部 4 6 およびブラックマトリクス部 4 7 と、カバーガラス 4 4 B と、第 2 のマイクロレンズアレイ 4 2 B と、樹脂層 4 3 B と、ガラス基板 4 8 とを有している。

【 0 0 8 3 】

第 1 のマイクロレンズアレイ 4 2 A は、光学樹脂により構成され、各画素電極部 4 6 に対応して 2 次元的に設けられた複数の第 1 のマイクロレンズ 42M-1 を有している。各マイクロレンズ 42M-1 は、正のパワーの第 1 のレンズ面 R 1 を有し、集光用のレンズとして機能する。図 8 の例では、樹脂層 4 3 A の屈折率 n_1 、第 1 のマイクロレンズアレイ 4 2 A の屈折率 n_2 とが、「 $n_2 > n_1$ 」の関係を満たし、第 1 のレンズ面 R 1 が、光の入射側（光源側）に凸形状となっている。

【 0 0 8 4 】

第 2 のマイクロレンズアレイ 4 2 B も、第 1 のマイクロレンズアレイ 4 2 A と同様に、光学樹脂により構成され、各画素電極部 4 6 に対応して 2 次元的に設けられた複数の第 2 のマイクロレンズ 42M-2 を有している。各マイクロレンズ 42M-2 は、正のパワーの第 2 のレンズ面 R 2 を有し、フィールドレンズとして機能する。すなわち、第 2 のレンズ面 R 2 についての焦点位置は、第 1 のレンズ面 R 1 （第 1 のマイクロレンズ 42M-1）についての主点位置に略一致している。図 8 の例では、樹脂層 4 3 B の屈折率 n_4 、第 2 のマイクロレンズアレイ 4 2 B の屈折率 n_3 とが、「 $n_3 > n_4$ 」の関係を満たし、第 2 のレンズ面 R 2 が、光の出射側に凸形状となっている。

【 0 0 8 5 】

図 8 の変形例では、図 2 の構成例とは異なり、画素開口 4 6 A が 2 つのマイクロレンズ 42M-1、42M-2 の間（2 つのレンズ面 R 1、R 2 の間）に位置することになるが、2 つのマイクロレンズ 42M-1、42M-2 の合成の焦点位置が、画素開口 4 6 A の付近に位置していることに変わりはない。なお、合成の焦点位置と画素開口 4 6 との位置合わせは、例えば、マイクロレンズ 42M-1、42M-2 と画素開口 4 6 A との間の厚みを調整することにより制御することができる。この変形例の構成は、開口効率自体は最も良くなる考えられるが、加工性の難易度は最も高いものと考えられる。

【 0 0 8 6 】

なお、以上の図 6 ～図 8 に示した変形例は互いに独立したものではなく、それぞれを任意に組み合わせた構成にすることも可能である。

【 0 0 8 7 】

なお、本発明は、上記実施の形態に限定されず種々の変形実施が可能である。例えば、上記実施の形態では、パワーを有するレンズ面が 1 ドットにつき 2 つのみである場合について説明したが、パワーを有するレンズ面を 1 ドットにつき 3 つ以上形成するようにしても良い。また、本発明は、3 板式に限らず、単板式の投射型液晶表示装置にも適用することが可能である。

【 0 0 8 8 】

【発明の効果】

以上説明したように、請求項 1 ないし 5 のいずれか 1 項に記載の液晶表示素子または請求項 6 記載の投射型液晶表示装置によれば、マイクロレンズが、光軸方向において少なくとも一つのレンズ面を有し、入射した光を画素開口側に集光させるように機能する集光用レンズと、光軸方向において少なくとも一つのレンズ面を有し、焦点位置が集光用レンズの主点位置に略一致するように構成されたフィールドレンズとを含んでいるので、構成の大型化や製造上の困難性を招くことなく、実効開口率を大きくして光利用効率を向上させることができる。

【図面の簡単な説明】

【図 1】

本発明の一実施の形態に係る投射型液晶表示装置の光学系の全体構成を表す構成図である。

【図 2】

本発明の一実施の形態に係る液晶パネルの概略構成を表す断面図である。

【図 3】

図 2 に示した液晶パネルにおけるマイクロレンズ部分の構成を簡略化して示す説明図である。

【図 4】

第 2 マイクロレンズアレイと P S 合成素子の要部構成を示す部分拡大図である

【図 5】

図 2 に示した液晶パネルを用いた場合における実効開口率の具体的な数値実施例を比較例と共に示す説明図である。

【図 6】

図 2 に示した液晶パネルの変形例を示す断面図である。

【図 7】

マイクロレンズの面形状の変形例を示す説明図である。

【図 8】

図 2 に示した液晶パネルの他の変形例を示す断面図である。

【図 9】

従来の投射型液晶表示装置の光学系の概略構成を示す平面図である。

【図 1 0】

従来の液晶パネルの構成例を示す断面図である。

【図 1 1】

従来の液晶パネルの他の構成例を示す断面図である。

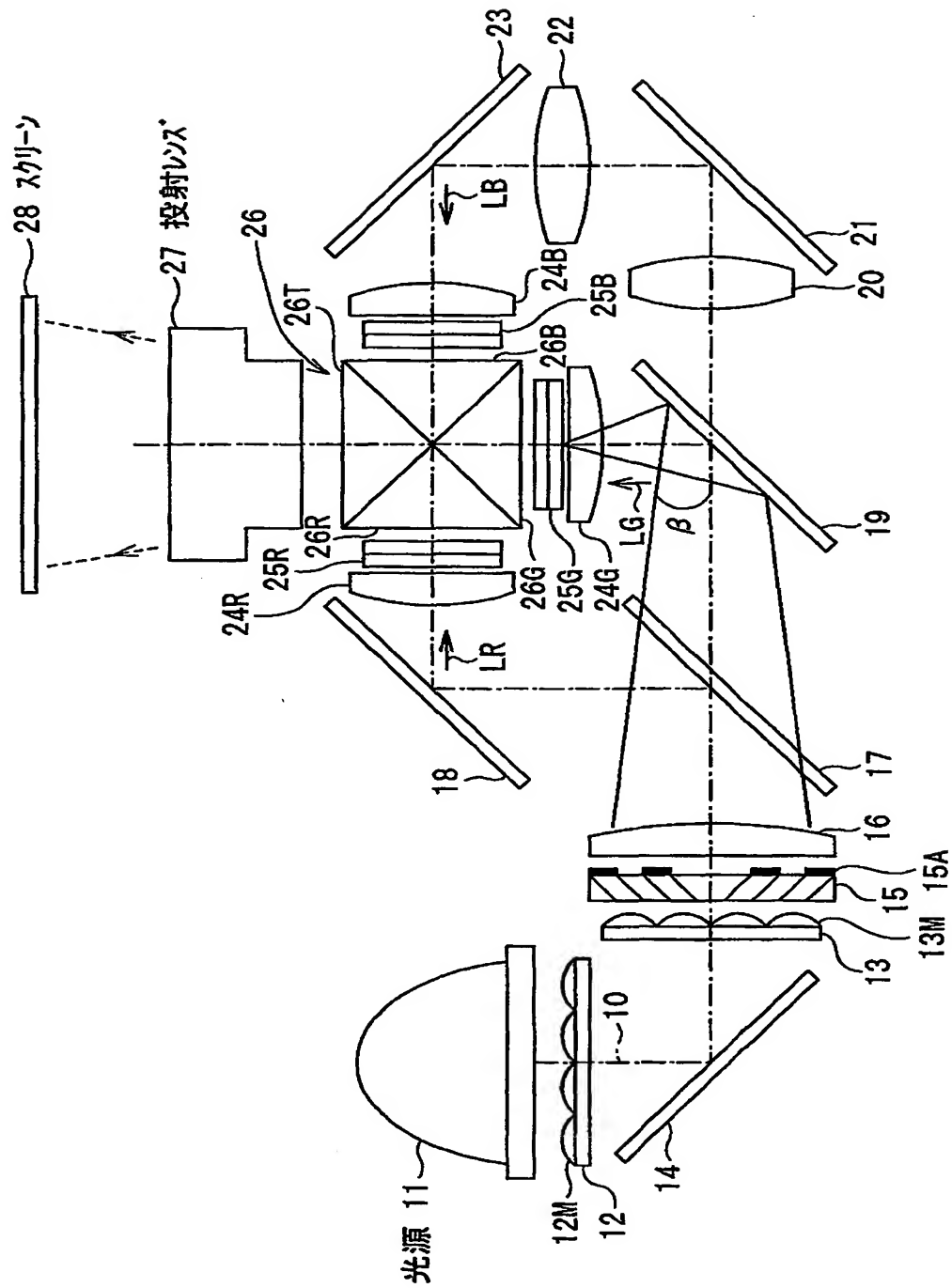
【符号の説明】

R 1, R 2 … レンズ面、1 0 … 光軸、1 1 … 光源、2 4 (2 5 R, 2 5 G, 2 5 B) … 液晶パネル、2 7 … 投射レンズ、2 8 … スクリーン、4 0 A … 対向基板、4 0 B … 画素電極基板、4 2 … マイクロレンズアレイ、4 2 M … マイクロレンズ、4 3 A … 第 1 の樹脂層、4 3 B … 第 2 の樹脂層、4 5 … 液晶層、4 6 … 画素電極部、4 6 A … 画素開口、4 7 … ブラックマトリクス部。

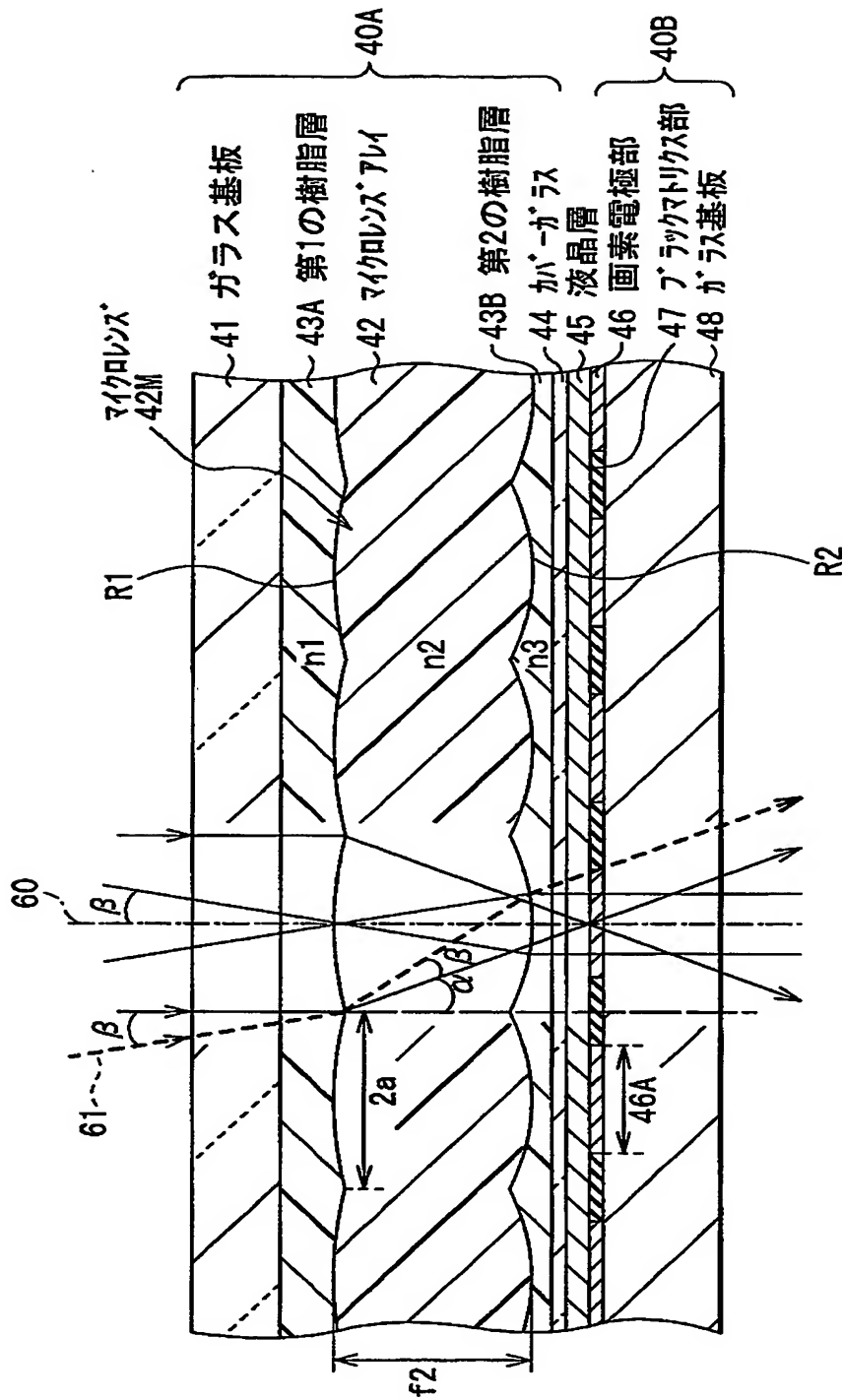
【書類名】

図面

【図1】

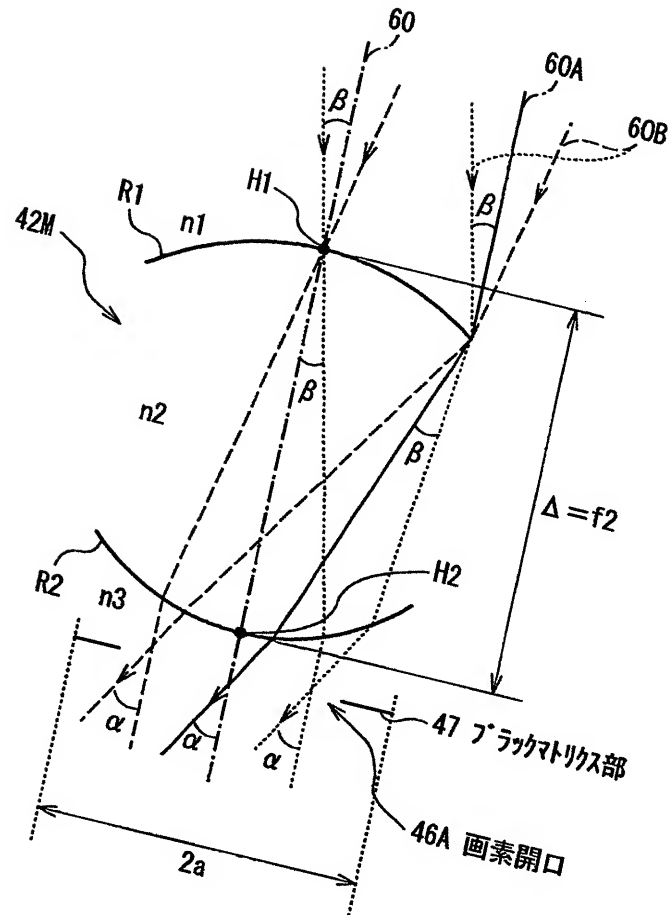


【図2】



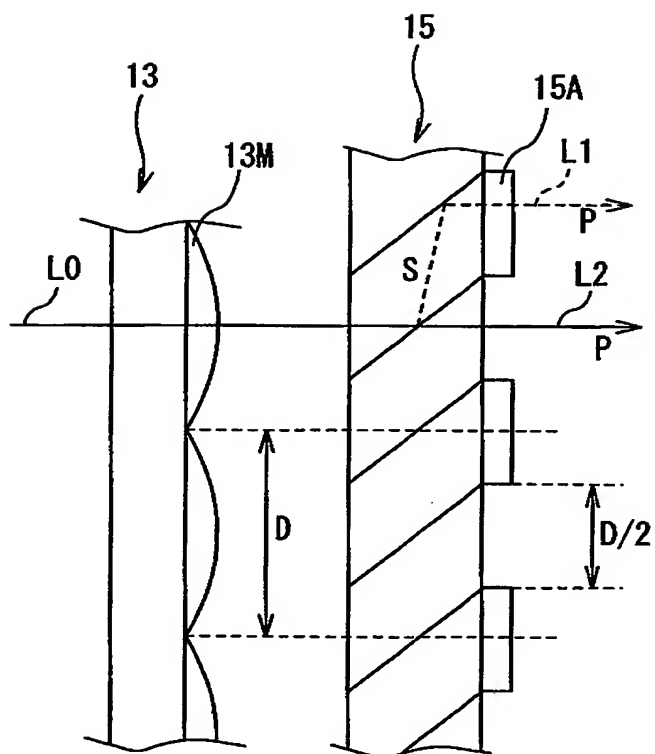
【図3】

特2000-343634



出証特2001-3094901

【図 4】

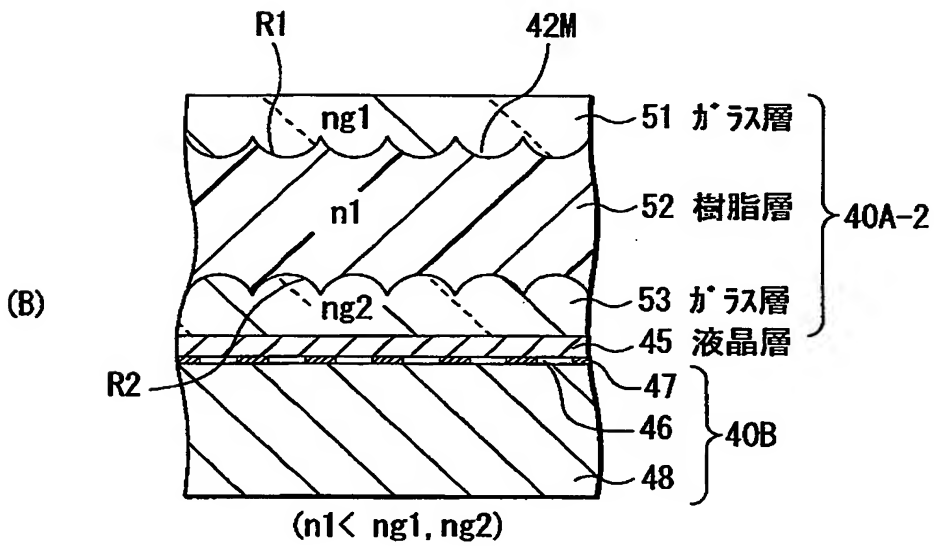
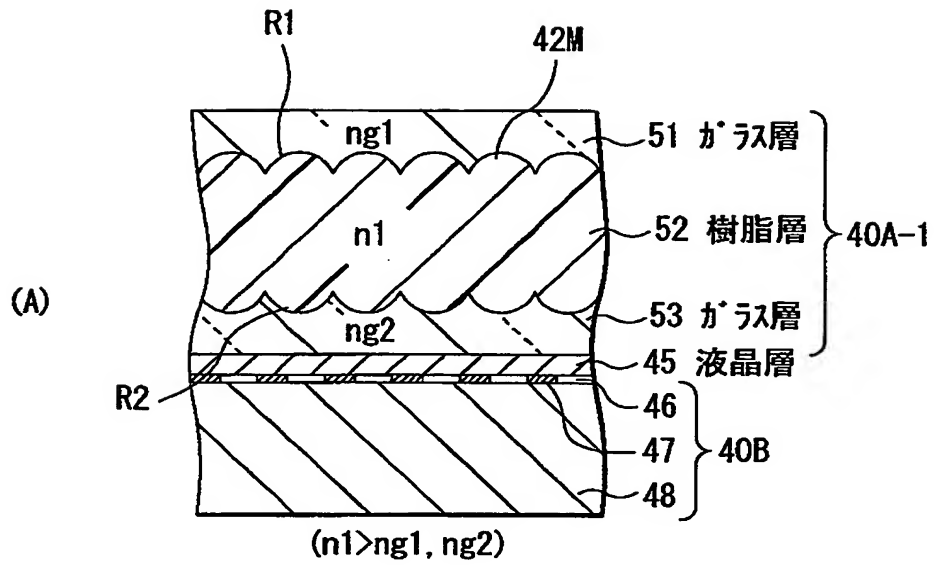


【図 5】

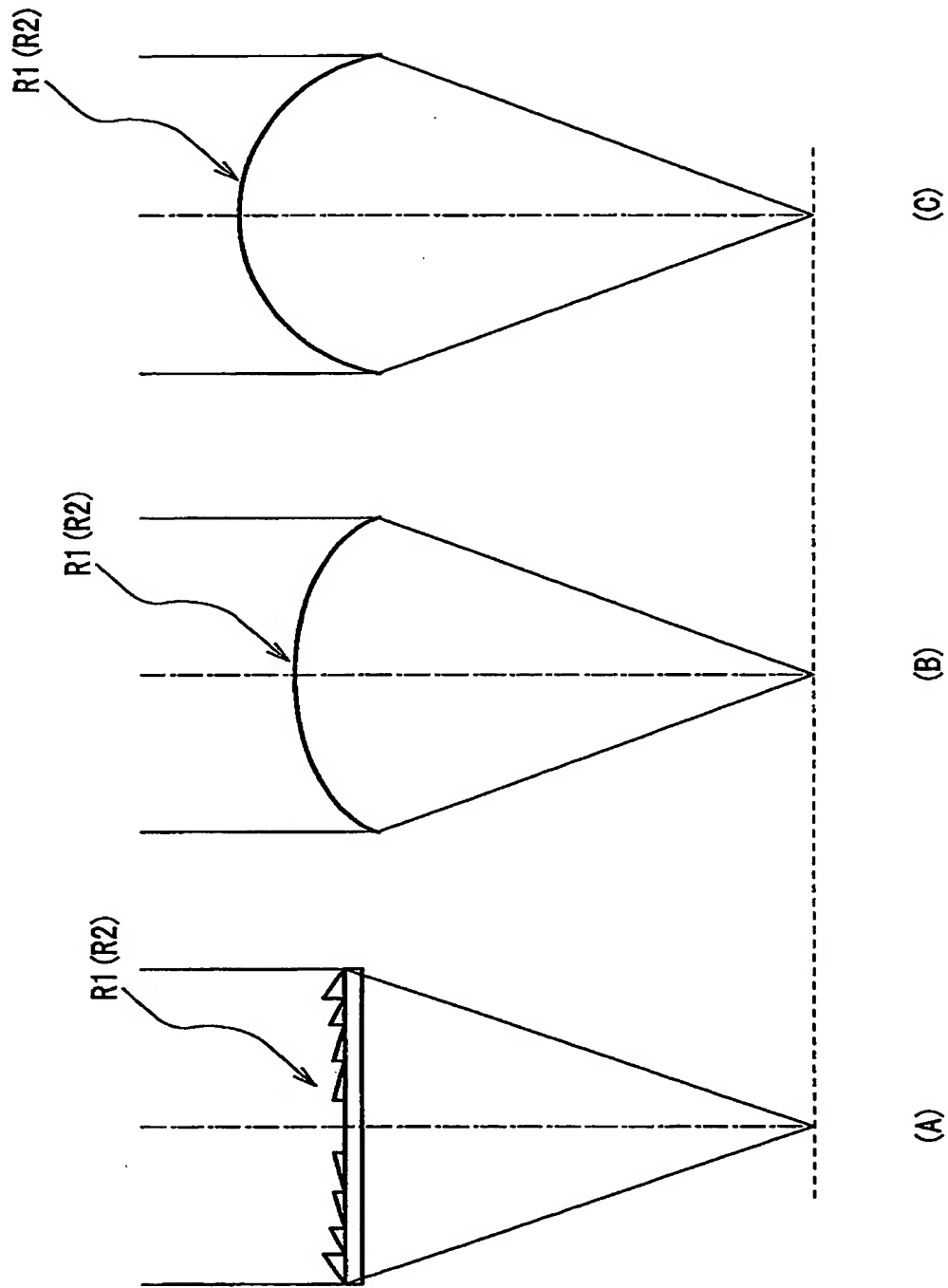
	実施例 (2つのレンズ面)	比較例 1 (焦点距離長め・単一のレンズ面)	比較例 2 (焦点距離短め・単一のレンズ面)
(A) 合成焦点距離 ($\mu\text{m/in air}$)	41	70	41
実効開口率 (%)	96	86	77

シミュレーション条件	
照明系	0.9型用フライインテグレート光学系
ドット寸法	$18 \times 18 \mu\text{m}$
開口寸法	$12 \times 12 \mu\text{m}$
投射レンズF値	1.7

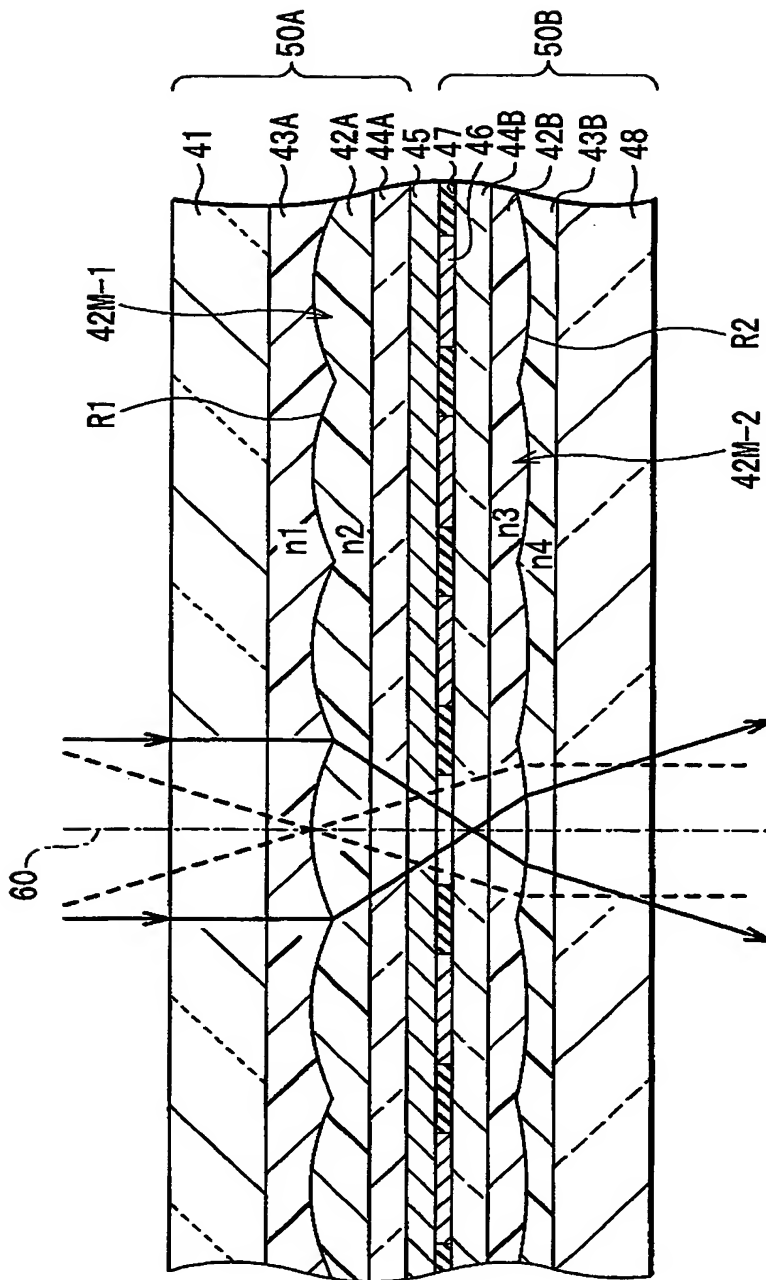
【図6】



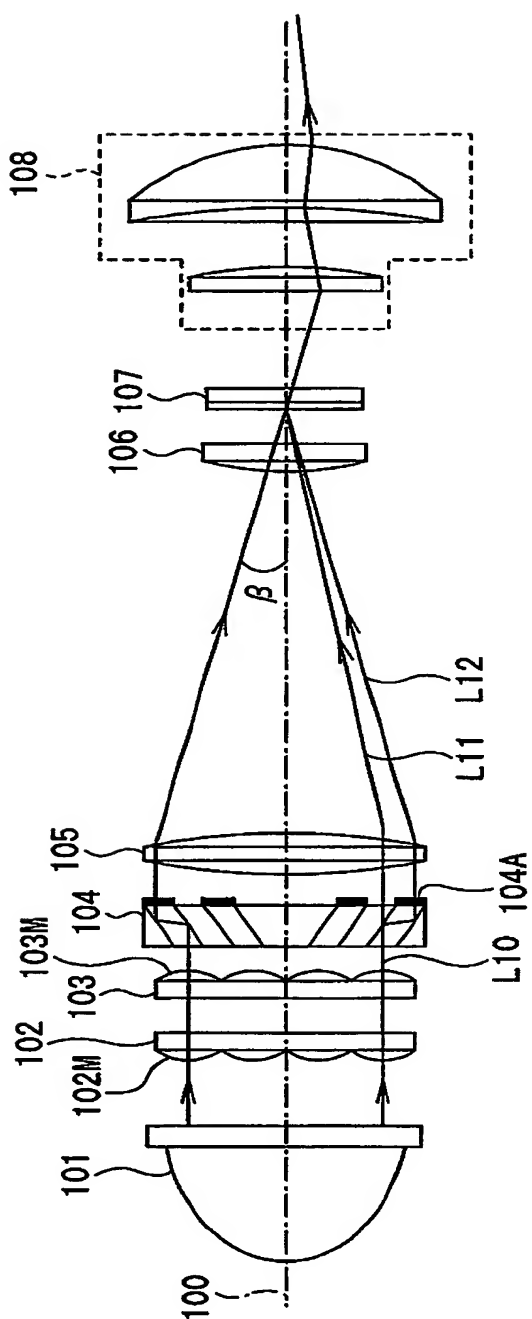
【図7】



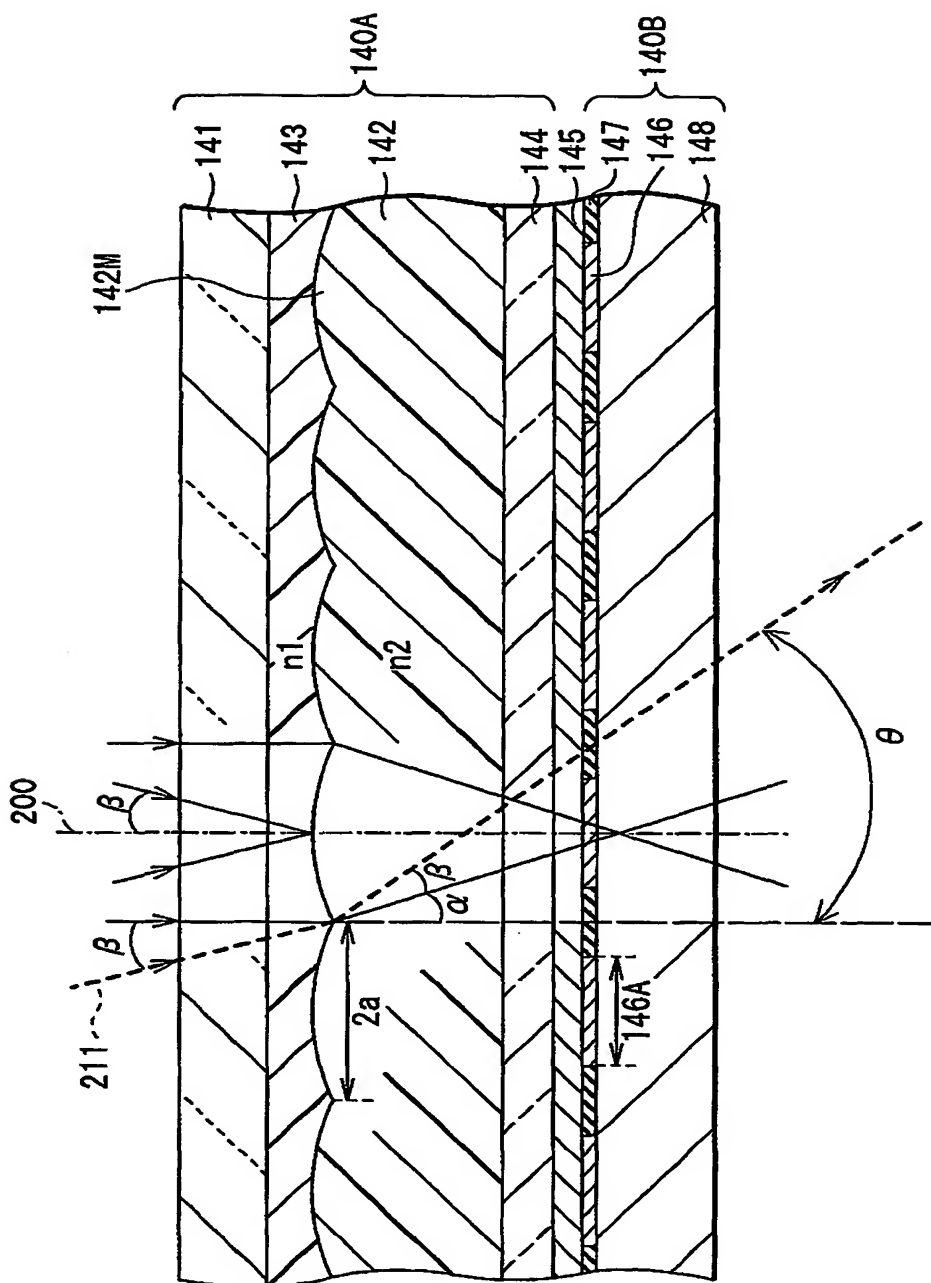
【図8】



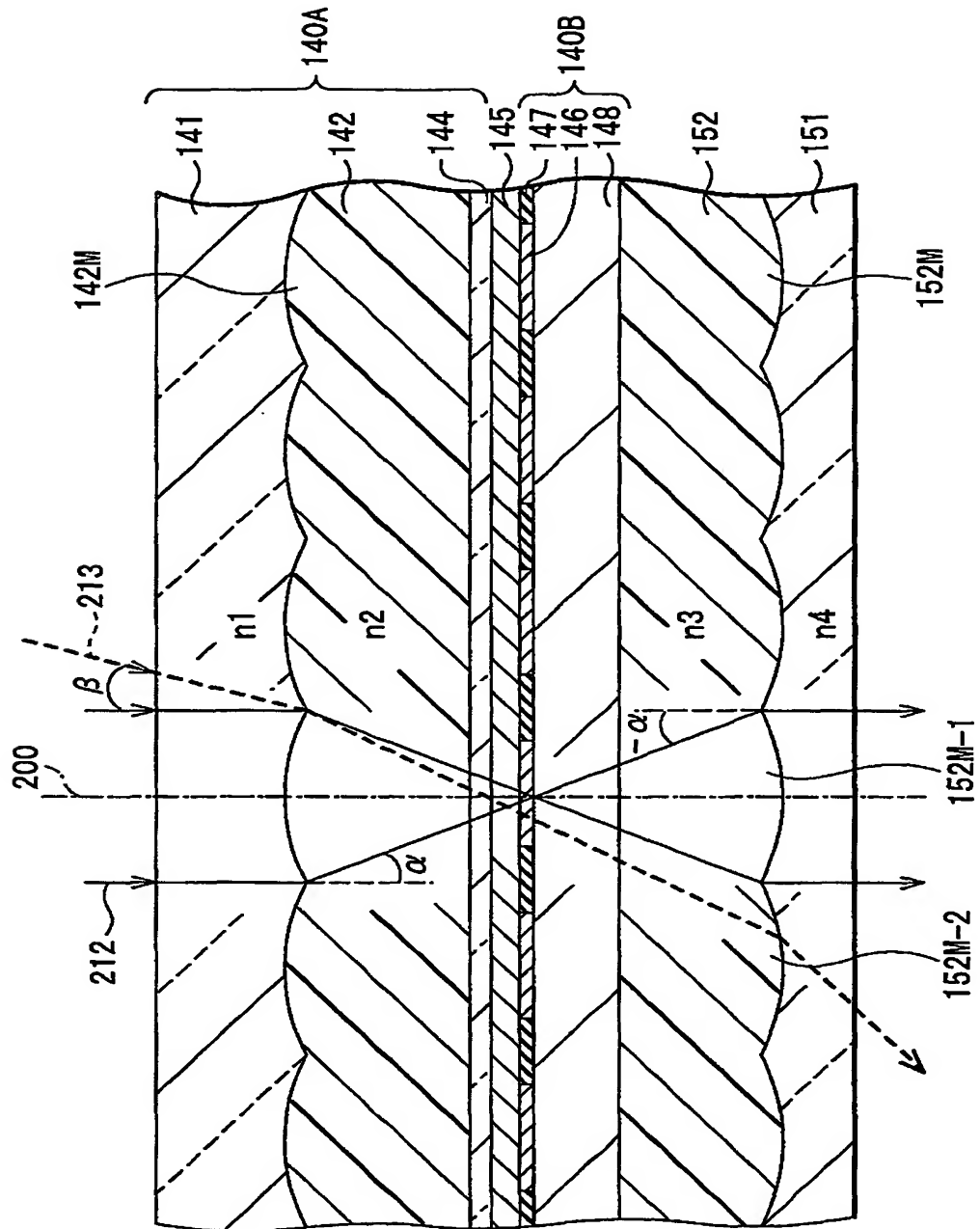
【図 9】



【図 1 0】



【図 11】



【書類名】 要約書

【要約】

【課題】 構成の大型化や製造上の困難性を招くことなく、実効開口率を大きくして光利用効率を向上させること。

【解決手段】 各画素開口ごとに、2つのレンズ面R1、R2を有するマイクロレンズ42Mを配置する。第2のレンズ面R2の焦点位置を、第1のレンズ面R1についての主点位置に略一致させると共に、マイクロレンズ全体での焦点位置を、画素開口46Aの位置に略一致させる。これにより、例えば、光軸に対して発散角度成分 β を有して入射した入射光について、その発散角度成分 β がマイクロレンズ42Mから出射するときに除去される。

【選択図】 図2

出 願 人 履 歴 情 報

識別番号 [000002185]

1. 変更年月日 1990年 8月30日

[変更理由] 新規登録

住 所 東京都品川区北品川6丁目7番35号
氏 名 ソニー株式会社